

Research on the Application of Modular Design Methods in Non-Standard Automated Equipment

Maoxiao Qiao

Shanxi Jinko Solar Manufacturing Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

The modular design approach is crucial for improving the efficiency and quality of non-standard automated equipment design, and its applied research holds significant practical importance. This article comprehensively explores the fundamental theories, method formation, and implementation process of modular design, focusing on the design characteristics of non-standard automated equipment. It begins by explaining the concept of modular design, classification criteria, and key aspects of interface design. Then, it analyzes the demand characteristics, design challenges, and the necessity of modular application in non-standard equipment. Based on this, specific methods for functional module division, standardization strategies, and interface adaptability design are provided. Additionally, detailed pathways for module library creation, selection and synthesis, and system integration are discussed. By evaluating design efficiency and cost control outcomes, the direction for continuous improvement is determined, offering theoretical support and practical guidance for the modular design of non-standard automated equipment.

Keywords

Non-standard automated equipment; Modular design; Functional division; Interface design; standardization

非标自动化设备中模块化设计方法的应用研究

乔毛小

山西晶科能源智造有限公司, 中国 · 山西 太原 030000

摘 要

模块化设计方法对于改善非标自动化设备设计效率和质量十分关键, 其应用研究具备重要的现实意义。文章针对非标自动化设备的设计特征, 全面探究模块化设计的基本理论、方法形成以及开展过程。先说明模块化设计的概念、划分准则和接口设计重点, 然后剖析非标设备的需求特性、设计难点以及模块化应用的必要性。依托此, 给出功能模块划分、标准化策略以及接口适配性设计的具体办法, 并细致论述模块库创建、选型合成和系统融合的开展途径。经由考量设计效率、成本控制成果, 确定不断改良的方向, 给非标自动化设备的模块化设计提供理论支撑和实践指导。

关键词

非标自动化设备; 模块化设计; 功能划分; 接口设计; 标准化

1 引言

非标自动化设备具有定制化需求强烈、设计期限紧凑、技术融合度高这些特性, 所以其在制造业中有重要意义。但是传统设计方法往往依靠经验来推动, 存在很多问题, 比如重复性劳动繁重、协同效率低下、成本控制困难等。模块化设计把系统拆解成各自具有独立功能、接口标准统一的单元之后, 可以明显改善设计的灵活性并加强其被重复利用的频率, 从而满足非标设备快速回应各种情况的需求。本篇文章想要针对模块化设计方法在非标设备上的应用架构展开全面探究, 由理论根基入手逐步过渡到实行途径方面, 进而给改良设计流程、促使整个行业技术创新带来一些可资借鉴

之处。

2 模块化设计基础

2.1 模块化设计概念

模块化设计把复杂系统拆解成具有独立功能、接口标准的功能单元, 再把这些单元拼合起来制造产品。这种方法属于系统工程范畴, 重点就是借助功能单元的封装和标准化接口做到系统解耦, 以此改善设计的灵活性、可复用性以及可守护性。在非标自动化设备行业, 这个方法会把机械结构、激发控制、传感检测等子系统变成可互换的模块, 创建一个共享资源平台。凭借此平台, 设计人员可以利用少量模块快速设置来应对各种定制需求, 切实减小系统的复杂程度, 把非标设计由全面定制的方式转为成依靠标准化框架的高效开发模式, 达成知识沉淀和技术创新。

【作者简介】乔毛小(1989-), 男, 中国山西太原人, 在职本科, 从事机械设计自动化, 偏向于非标自动化研究。

2.2 模块划分原则

模块划分要按照功能内聚、接口解耦、粒度适中的关键原则。功能内聚使得各模块包含清晰完整的子功能，内部要素联系密切。接口解耦就是要使模块之间的衔接简易而标准，做到独立开发并可以替换。粒度适中就是协调好模块的大小，既不能因为过分细致而使接口变得繁杂，也不能过于粗放从而影响到重复利用的价值。这个划分的过程应当同功能流程分析联系起来，找出能量、物料以及信息传递的途径，把那些技术上相关度高而且改变时间相同的部分归入一类，还要兼顾工艺是否可行以及守护起来是否方便。这样就能让模块具备技术上的独立性并且守护起来也很轻松，进而为整个系统的整合及其后续的改良形成基础。

2.3 模块接口设计

模块接口设计对于模块化系统协同效能十分关键，它关乎机械、电气、控制等诸多方面的规范。机械接口要统一连接尺寸、公差配合以及定位方式；电气接口要明确电源、信号和接线标准；控制接口则要界定通信协议及数据格式。其设计目的在于达成兼容性、鲁棒性和可扩展性，使得模块之间在物理上精准契合、在功能上完美衔接。经由保留扩展余地或者设置配置选项，接口就能够顺应技术更新和需求变动。严谨的仿真和原型验证是保证接口可靠性的必要手段，这样做可以减小融合风险，支持模块化架构长期稳定运行。

3 非标设备设计特点

3.1 非标设备需求分析

非标设备的需求分析重点在于其高度定制化和动态变化的特点，要深入解读诸如特定工艺、产能以及空间限制之类的关键需求。这个分析过程重视识别需求的变异性并区分其优先级，从而明确核心功能和可调节参数的界限。相比于标准设备，非标需求往往会在交流互动过程中被进一步细化，所以要求分析方法要有很强的适应能力，要在技术可行性和经济价值之间寻找恰当的调和点。经由结构化的访谈和场景模拟活动，把含糊不清的需求转变为确切的技术规范，给模块化的设计方案赋予明晰的输入信息，保证最终的设计既能准确契合用户所处的具体环境，又能达到一定的标准化水平并且具有成本优势。

3.2 设计流程与难点

非标设备的设计流程包含需求转化、方案设计、详细设计以及整合调试这几个部分，存在技术融合复杂、更改更新频繁、知识依赖性高的这些难点。很多领域里的技术要同时去开发，这样就很容易出现接口矛盾的情况，局部的调整常常会造成整个系统发生连锁性的反应。由于没有成熟可用的参考方案，所以设计的时候非常看重经验的判定，这就使得项目的历时和质量难以得到有效的控制。这些难点显示出传统串行设计模式有着自身的局限之处，迫切得要采用系统化的手段来改善流程的规范性、协作的效率以及知识留存的

能力，进而解决非标项目本身就具有的不确定性和多种类的问题。

3.3 模块化应用必要性

模块化设计对于非标设备来说十分必要，这是改善效率、质量和知识复用性的主要途径。功能模块如果做到标准化和可复用，就能极大地缩减重复设计的情况，压缩开发时间。明确的接口规范能减小多领域协作的困难，推动并行工程，把个人经验变成企业的技术财富，加强设计的一致性和可守护性。应对小批量、多种类的市场态势时，模块化框架可达成快速设置和灵活升级，有效地协调好定制化和标准化之间的矛盾，给非标设备达成高效、经济又可持续的开发给予方法上的支持。

4 模块化设计方法构建

4.1 功能模块划分方法

功能模块划分要采用自上而下的系统分析法，先从设备总功能入手，逐步分解成子功能单元，一直分解到可以独立执行的模块大小为止。划分按照功能流分析来做，找出能量、物料、信息之间的本质联系，把那些耦合性高的子功能归并成候选模块。利用公理化设计里的独立性公理，尽力让功能映射达到最小的耦合程度，使得模块具备较高的内聚性和较低的依赖性。划分的时候还要兼顾通用性和专用性，基本功能朝着标准化方向努力，工艺适应方面则保存一定的灵活性。这种科学的划分是创建模块化体系的根基所在，会直接影响到后面模块的研发、管理及组合应用的效能。

4.2 模块标准化策略

模块标准化策略期望经由统一参数、型谱以及元件选型来缩减种类，达成规模效益。该策略包含尺寸系列、性能等级、材料规格以及关键外购件的品牌型号，从而用少量模块变体去应对大量需求。在执行时要分层分类，基本模块必须严格执行刚性标准以确保互换性；专用模块则容许其参数在一定范围内调整以保留适应性。标准化并非静止不变的过程，应创建反馈机制不断改良标准体系，协调好设计限制与市场变动的关系，进而做到成本、效率和灵活性的兼顾并取得理想效果。

4.3 接口兼容性设计

接口兼容性设计着眼于达成模块之间物理层面、电气层面以及逻辑层面的无缝对接。机械接口要保证结构相适应并且动力传递稳定可靠；电气接口需统一信号标准并符合抗干扰需求；控制接口则要明确数据协议和交互规则。设计时应依照开放性、前瞻性准则，选用主流标准协议而且要保留技术更新余地。经由分层设计来划分基本接口和扩展接口，从而做到前后兼容。依靠模型仿真和原型检测的确认步骤十分必要，全面规避潜在矛盾之处，使得接口在复杂工作条件下具备稳定性与可靠性，进而为系统融合创建基础。

5 模块化实施流程

5.1 模块库建立与管理

模块库处于模块化执行的核心地位,创建它的时候要系统地把各个模块的技术参数、模型文件以及应用指南归档起来。它的结构按照功能域来划分,这样就能做到按照属性去查找,并且能够跟踪版本情况。这个管理机制包含模块入库前的审查、维持模块状态以及更新换代的步骤,从而保证信息既准确又统一。依靠像 PLM 这样的信息化平台,可以达成数据共享、设定权限并固定流程,创建起评定模块使用效果的体系,按照调用次数和项目反馈来改良库里的内容。优质而高效的模块库管理是做到知识积累、推动设计重复利用的关键所在,也会直接改善模块化体系的应用性能及其活力。

5.2 模块选型与组合

模块选型依照设备需求规格,从库中挑选功能、性能及接口相符的模块,并执行技术经济性对比。选型要兼顾成本、交付期和可靠性,从而确定最佳结合。针对特别需求,可以在标准接口之上开发专用模块。组合设计按照架构限制和接口准则,经由配置工具来执行逻辑安排与空间设计,形成起完整的方案,并出具装配图、接口清单之类的文件。这个过程把定制化设计转变成模块化设置,突出优化了方案质量的统一性及其生成的速度,减轻了对个人经验的依靠。

4.3 系统集成与调试

系统集成按功能依赖顺序进行模块物理组装与电气连接,严格执行接口规范。调试采用分层策略:先执行单体功能检测,接着做模块联合调试,最后开展整机性能验证。标准化的调试流程和检查列表体系会指引故障查找过程,着重考察接口适配情况以及控制逻辑的协同效果。经由系统性的整合与调试,保证模块拼接起来之后的综合性能符合标准,缩减现场变数并防止不必要的重新工作,促使项目得以如期完成。

6 应用效果与优化

6.1 设计效率评估

模块化设计利用预先定义好的模块,极大地缩减了方案设计和详细设计的时间。从库中直接调用资源可规避重复建模,而且接口标准化能削减修改的工作量。采用并行工程可以推动项目的进度。效率的改善一方面表现在人力投入的改良上,另一方面体现在交付速度的加快上。这使得初级工程师能够立即加入到复杂项目当中,从而提升整个团队的总体生产能力。模块化把设计重点从零部件制造转到系统设置

上来,这样就从根本上改变了非标设备的设计模式,做到了效率质的提升。

6.2 成本控制分析

模块化从多维度实现成本优化:模块复用会把研发成本进行分摊,依靠标准件的批量采购优势来削减采购成本,通过预装配缩减现场工时从而减轻生产成本,而且模块互换性能能够减小备件库存并简化维修难题进而减轻维持成本。从全生命时段来看,模块化有益于设备局部升级以延长其使用寿命,可以减小总体拥有成本。这种源于复用的经济性属于非标设备模块化设计的关键价值所在,极大地提升了市场竞争力。

6.3 持续改进方向

模块化体系需持续改进以保持活力。方向包括:加富模块库,优化覆盖范围和性能,更新接口标准并融入新技术,采用智能设置工具来改善选型合成的智能化水平,加深机械、电气、软件模块之间的深度融合,塑造更具灵活性的整合平台。其终极目的在于创建起可快速应对个性化制造需求,并支撑企业数字化转型的先进模块化设计生态体系,从而促使非标自动化行业不断发展。

7 结语

模块化设计方法给非标自动化设备领域带来了系统的解决途径,较好地协调了定制化需求同设计效率、成本控制之间的冲突。形成标准化的模块库和接口体系之后,开发时间大幅缩减,全生命时段成本得以减小,个人经验也变成了可持续发展的企业知识财富。制造业朝着柔性化、智能化方向发展,在此情形下,模块化设计深层次的价值就在于具备快速应对和不断更新的能力。未来的改进重点在于充实模块库、更新接口标准并采用智能化设置工具,以此加深跨技术领域的深入融合,促使非标自动化设计朝着更高层次的标准化、平台化模式发展,为行业转型升级增添持久动力。

参考文献

- [1] 党晓雪.非标自动化设备的模块化设计[J].中国机械,2024,(27):25-28.
- [2] 谢奉林.非标自动化设备的模块化设计分析[J].科学技术创新,2023,(06):211-214.
- [3] 徐江明.非标自动化设备模块标准化的探究分析[J].中国设备工程,2022,(11):231-233.
- [4] 徐康悛.非标自动化设备的模块化管理及其评价研究[D].扬州大学,2024.
- [5] 党晓雪.非标自动化设备的模块化设计[J].中国机械,2024,(27):25-28.